

文章编号:1001-4810(2010)01-0055-07

亚热带喀斯特水库桡足类和枝角类动物群落季节变化 ——以贵州红枫湖、百花湖、阿哈水库为例

陈 椽¹, 龙胜兴¹, 任启飞¹, 马健荣¹, 王 叁¹, 李 荔¹, 李秋华²

(1. 贵州师范大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州师范大学分析测试中心, 贵州 贵阳 550001)

摘 要:2008年至2009年对贵州红枫湖(HF)、百花湖(BH)、阿哈水库(AH)的桡足类和枝角类动物进行4次采样调查,共发现桡足类5科11属19种,其种包含一未定种。枝角类5科9属14种。三个水库中都存在的桡足类优势种为绿色近剑水蚤、叶片剑水蚤、短尾温剑水蚤;枝角类的优势种为长刺溞、长额象鼻溞;角突网纹溞。桡足类和枝角类的总密度在红枫湖为春季最高,秋季次之,夏季最低;在百花湖为夏季最高,秋季次之,冬季最低;在阿哈水库为春季最高,秋季次之,夏季最低。三个水库季节生物多样性比较:春季的多样性是AH>BH>HF;夏季和冬季是BH>AH>HF;秋季是AH>HF>BH。季节性气候变化和污染是影响桡足类和枝角类动物群落变化的重要因素。

关键词:喀斯特水库;动物群落;桡足类;枝角类;生物多样性

中图分类号:Q154⁺.2 **文献标识码:**A

喀斯特(Karst)是指在可溶性碳酸盐岩(主要石灰岩和白云岩)上发育并演化而形成的独特地貌类型。世界喀斯特面积约220万km²,约占全球陆地总面积的15%^[1]。喀斯特水库是地层以碳酸盐岩为主的储水型水库^[2],其特有的生境使得这种水库生物也具有独特性。桡足类和枝角类动物是水体浮游动物的重要类群。是水体生态系统中重要的初级消费者,是“浮游植物—浮游动物—鱼类”食物链的重要组成部分,在水生生态系统物质循环和能量流动中发挥着重要作用。研究喀斯特水库桡足类和枝角类浮游动物群落,对研究喀斯特浮游生物的生态、区系特征、起源与演化等具有重要的意义,为喀斯特地区水库和湖泊水质监测、评价与管理提供依据,对喀斯特水库岩溶沉积形态的起源及成因研究提供参考。红枫湖(HF)、百花湖(BH)位于贵州高原中部,分别是乌江支流猫跳河上一级和二级水库。红枫湖,流域面积达1596 km²,湖泊水面面积57.2 km²,湖泊补给系数为49.6,

最大水深45 m,湖水滞留时间为0.325 a。百花湖,流域面积达1895 km²,湖泊水面面积14.5 km²,湖泊补给系数为182.2,最大水深45 m,湖水滞留时间为0.102 a^[3]。阿哈湖(AH)水面积为3.4 km²,最大水深24 m,湖水滞留时间为0.44 a^[4]。红枫湖、百花湖、阿哈湖是典型的喀斯特湖泊型人工水库,同时还是贵阳市人民的重要生活水源,在贵州经济发展占有非常重要的地位。

1 材料与方法

1.1 采样点位的设置

2008年8月(夏)、11月(秋)、2009年1月(冬)、2009年3月(春)四个季节对红枫湖、百花湖、阿哈水库共4次采样。根据红枫湖、百花湖、阿哈水库的水文地理特征和进排水的特点,依次在红枫湖水库的西郊水厂(I号采样点)、后午湖心(II号采样点)、花鱼洞

基金项目:贵阳市社会发展攻关项目(2008筑科农合同字第5-3号)

第一作者简介:陈椽(1963—)男,教授,硕士生导师,研究方向:水域生态。E-mail: cchuan66@163.com。

收稿日期:2008-10-24

大桥(Ⅲ号采样点)、大坝南面(Ⅳ号采样点)、1256 岛(Ⅴ号采样点)、南湖湖心(Ⅵ号采样点)、共设 6 个采样点;百花湖水库的大坝(Ⅰ'号采样点)、管理处(Ⅱ'号采样点)、泵房(Ⅲ'号采样点)、岩脚寨(Ⅵ'号采样

点)共设 4 个采样点;阿哈水库的贵工交汇处(Ⅰ"号采样点)、取水口(Ⅱ"号采样点)、游鱼河(Ⅲ"号采样点)共设 3 个采样点(图 1)。

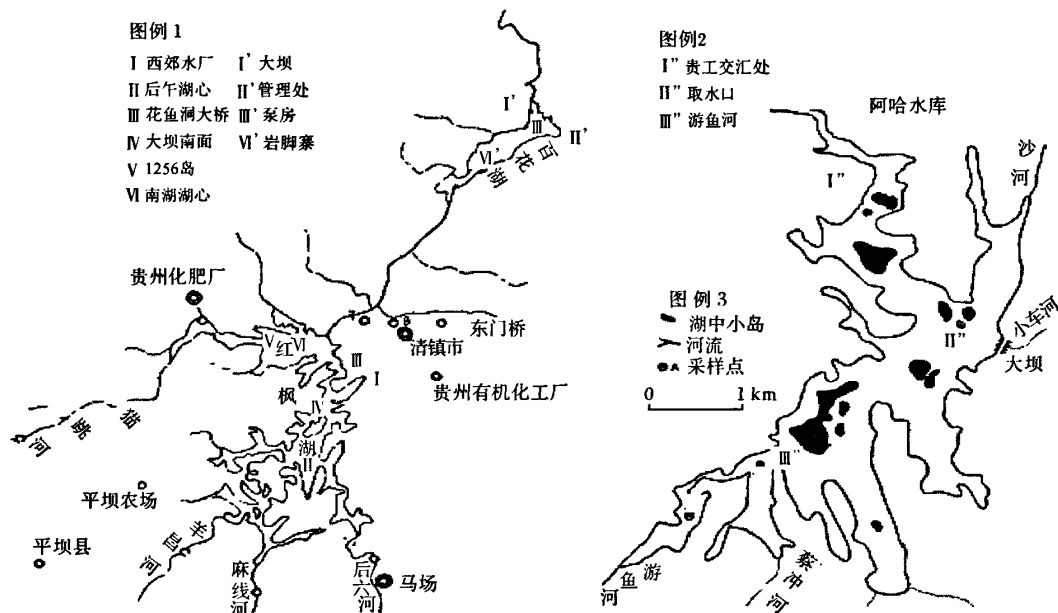


图 1 采样点示意图

Fig. 1 The map of the sampling location

1.2 样品的采集、处理与鉴定方法

浮游动物定性,桡足类及枝角类用 13# 浮游动物网于水平及垂直方向八字形缓慢拖网,底层桡足类及枝角类用 5 升采水器采集底层水 50 升;用 13# 浮游动物网当场过滤,用福尔马林固定(5%)。定量样品分别采集表层水 0.5 m、中层水 6~8 m、底层水大于或等于 12 m 各 5L,用 13# 浮游生物网当场过滤,用福尔马林固定(5%)。枝角类按《中国动物志(淡水枝角类)》鉴定(蒋燮治等,1979),桡足类按《中国动物志(淡水桡足类)》鉴定(中国科学院甲壳动物研究组,1979)。

浮游动物及浮游硅藻的多样性指数,采用以下计算公式^[6~8,15]:

Shannon-Weaver 多样性指数(H)

$$H = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

式中, S 为种数; n_i 为 i 种的个体数; N 为总个体数。

均匀度指数(J)

$$J = H / \ln S$$

2 结果与分析

2.1 红枫湖、百花湖、阿哈水库的理化因子

红枫湖水库的总磷在夏季最高达 0.07 mg/L,除春季比百花湖低外,其它季节的总磷均高于百花湖,阿哈湖的总磷除冬季与百花湖相平外,其它季节的总磷都是三个湖最低的(图 2)。红枫湖水库的总氮在夏季与百花湖相差 0.03 mg/L,其它三季的总氮均是百花

■ 红枫湖水库 □ 百花湖水库 ▨ 阿哈水库

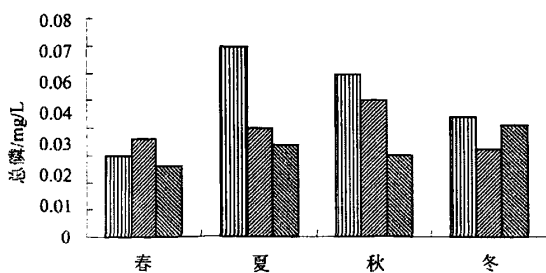


图 2 红枫湖、百花湖、阿哈水库总磷季节变化

Fig. 2 Seasonal change of total P in the HF, BH, AH lakes

湖高于红枫湖,而阿哈水库的总氮四个季节都高于红枫湖及百花湖水,其最低值为1.49 mg/L(图3)。

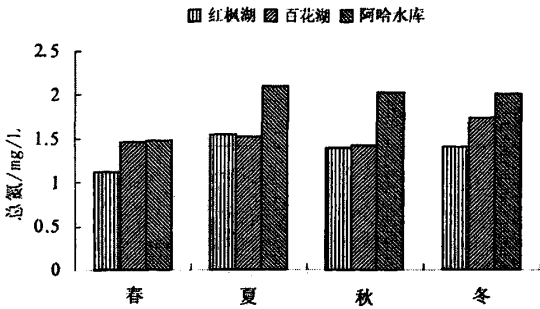


图3 红枫湖、百花湖、阿哈水库总氮季节变化

Fig. 3 Seasonal change of total N in the HF, BH, AH lakes

红枫湖、百花湖、阿哈水库的 $pH > 7.75$,总体上偏碱性,三个水库 pH 的变化规律是春季最高,冬季最低(图4)。红枫湖、百花湖、阿哈水库的水温的季节变化非常明显,主要由当地的气候所决定,它们之间的季节差异不是很大,且春季的水温最高,冬季最低(图5)。

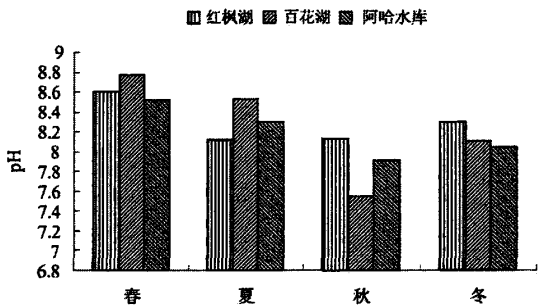


图4 红枫湖、百花湖、阿哈水库 pH 季节变化

Fig. 4 Seasonal change of pH in the HF, BH, AH lakes

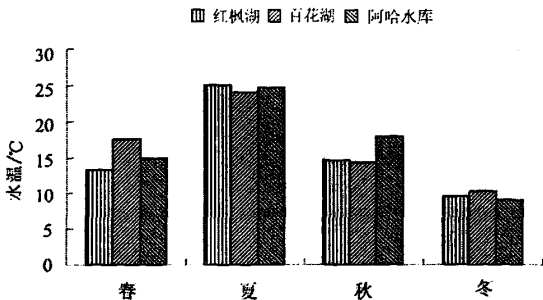


图5 红枫湖、百花湖、阿哈水库水温季节变化

Fig. 5 Seasonal change of water temperature in the HF, BH, AH lakes

2.2 桡足类及枝角类物种种类组成

红枫湖(HF)、百花湖(BH)、阿哈水库(AH)共检测到桡足类及枝角类共33种。桡足类含5科11属19种,其中有一种未定,属于鲢科鲢属寄生类物种,底栖类猛水蚤2种;枝角类5科14种,14种均为世界广泛分布种(表1)。

桡足类检出两种寄生种类,一种是西氏鲢,是贵州湖泊水库已前没有正式报道过的种类,是贵州新记录种;另外一种未定种,其胸足结构是:外肢:1-0 1-1 1-5;1-0 0-1 1-5;1-0 0-1 1-5;1-0 1-4;内肢:0-1 0-1 1-4;0-1 0-2 1-4;0-1 0-2 1-4;0-1 0-2 1-3;可能是一种新的鲢类,它们通常寄生在鱼体上。

2.3 桡足类及枝角类季节变化及密度动态

2.3.1 桡足类及枝角类季节变化

红枫湖水春季枝角类的优势种主要是透明蚤、长刺蚤、长额象鼻蚤,桡足类优势种以绿色近剑水蚤、叶片剑水蚤为主;夏季枝角类的优势种为长额象鼻蚤、角突网纹蚤、短尾秀体蚤;桡足类则是右突新镖水蚤、广布温剑水蚤、短尾温剑水蚤;秋季枝角类的优势种是透明蚤、长额象鼻蚤、角突网纹蚤、短尾秀体蚤,桡足类与夏季相同;冬季枝角类的优势种为长额象鼻蚤、角突网纹蚤,长刺蚤、透明蚤;桡足类则以右突新镖水蚤、绿色近剑水蚤为主。

百花湖水春季两季的枝角类及桡足类优势种相似,秋季后种类有些变化,即秋季枝角类的优势种是透明蚤、长额象鼻蚤、角突网纹蚤,桡足类则是右突新镖水蚤、近邻剑水蚤;冬季枝角类的优势种为长额象鼻蚤、透明蚤;桡足类是绿色近剑水蚤、叶片剑水蚤为主。

阿哈水库春季枝角类的优势种主要是透明蚤、长刺蚤,桡足类优势种以舌状叶镖水蚤、叶片剑水蚤为主;夏季枝角类的优势种为长额象鼻蚤、透明蚤,桡足类则是舌状叶镖水蚤、短尾温剑水蚤;秋季枝角类的优势种是透明蚤、长额象鼻蚤、角突网纹蚤、长刺蚤、颈沟基合蚤,桡足类则是舌状叶镖水蚤、近邻剑水蚤;冬季枝角类的优势种为长额象鼻蚤、透明蚤,桡足类则是舌状叶镖水蚤、绿色近剑水蚤、叶片剑水蚤为主。

2.3.2 桡足类及枝角类密度动态

红枫湖水春季长刺蚤在春季节的密度平均值4.3个/L,最高达9.8个/L。夏秋两季没出检测到,冬季开始出现,密度在6号点最高达2.6个/L;透明蚤的密度变化与长刺蚤相似,春节出现最高值,从夏季到

表1 贵州红枫湖、百花湖、阿哈湖典型喀斯特水库桡足类及枝角类物种统计
Tab.1 Family, genus and species of copepoda and cladocera in the HF, BH, AH lakes

科名	属名	种名	采样点
Copepoda 桡足类			
Diaptomidae 镖水蚤科	<i>Sinodiaptomus</i> 中镖水蚤属	<i>S. sarsi</i> Rylov 大型中镖水蚤	HF
	<i>Neodiaptomus</i> 新镖水蚤属	<i>N. schmackeri</i> Poppe et Richard 右突新镖水蚤	HF, BH
	<i>Phyllodiaptomus</i> 叶镖水蚤属	<i>P. tunguidus</i> Shen et Tai 舌状叶镖水蚤	HA, HF, BH
Canthocamptidae 异足锰水蚤科	<i>Canthocamptus</i> 异足锰水蚤属	<i>C. carinatus</i> Shen et Sung 隆脊异足锰水蚤	HF
	<i>Bryocamptus</i> 瘦锰水蚤属	<i>B. zschokkei caucasicus</i> Borutzky 高加索瘦锰水蚤	HF
Laophontidae 老丰锰水蚤科	<i>Onychocamptus</i> 有爪锰水蚤属	<i>O. mohammed</i> Blanchard et Richard 模式有爪锰水蚤	HF
		<i>O. vitiospinulosa</i> Shen et Tai 少刺有爪锰水蚤	HF
Cyclopidae 剑水蚤科	<i>Tropocyclops</i> 近剑水蚤属	<i>T. prasinus</i> (Fischer) 绿色近剑水蚤	HF, BH, AH
		<i>T. Prasinus breuiramus</i> Hsiao 短尾近剑水蚤	HF, BH, AH
		<i>Cyclops</i> 剑水蚤属	HF
	<i>Mesocyclops</i> 中剑水蚤属	<i>C. strenuus</i> Fischer 英勇剑水蚤	HF
		<i>C. uicinus uicinus</i> Uijainin 近邻剑水蚤	HF, BH, AH
		<i>C. uicinus lobosus</i> Kiefer 叶片剑水蚤	HF, BH, AH
		<i>C. ladakanus</i> Kierer 拉达克剑水蚤	HF
		<i>Mesocyclops</i> 中剑水蚤属	HF, BH, AH
		<i>Thermocyclops</i> 温剑水蚤属	HF, BH, AH
		<i>T. mongolicus</i> Kiefer 蒙古温剑水蚤	HF
		<i>T. kawamurai</i> Kikuchi 等刺温剑水蚤	HF, BH, AH
		<i>T. breuifurcatus</i> Harada 短尾温剑水蚤	HF, BH, AH
		<i>E. sieboldi</i> Nordmann 西氏鳃	HF
Ergasilidae 鳃科	<i>Ergasilus</i> 鳃属	<i>E. sieboldi</i> Nordmann 西氏鳃	HF
Cladocera 枝角类			
Sididae 仙达蚤科	<i>Sida</i> 仙达蚤属	<i>S. crystallina</i> (O. F. M.) 晶莹仙达蚤	HF
	<i>Diaphanosoma</i> 秀体蚤属	<i>D. brachyurum</i> (Lieven) 短尾秀体蚤	HF, BH
Daphniidae 蚤科	<i>Daphnia</i> 蚤属	<i>D. longispina</i> (O. F. M.) 长刺蚤	HF, BH
		<i>D. hyalina</i> (Leydig) 透明蚤	HF, BH, AH
		<i>Simocephalus</i> 低额蚤属	AH
		<i>Ceriodaphnia</i> 网纹蚤属	HF, BH, AH
	<i>Bosmina</i> 象鼻蚤属	<i>C. cornuta</i> Sars 角突网纹	HF, BH, AH
		<i>C. pulchella</i> Sars 美丽网纹蚤	HF, BH
		<i>C. laticaudata</i> P. E. M. 宽尾网纹蚤	HF, BH
		<i>Bosmina</i> 象鼻蚤属	HF, BH, AH
Bosminidae 象鼻蚤科	<i>Bosmina</i> 象鼻蚤属	<i>B. longirostris</i> (O. F. Müller) 长额象鼻蚤	HF, BH, AH
		<i>B. coregoni</i> Baird 筒弧象鼻蚤	HF, BH, AH
Macrothricidae 粗毛蚤科	<i>Bosminopsis</i> 基合蚤属	<i>B. deitersi</i> Richard 颈沟基合蚤	HF
		<i>Ilyocryptus</i> 泥蚤属	AH
Chydoridae 盘肠蚤科	<i>Ilyocryptus</i> 泥蚤属	<i>I. agilis</i> Kurz 活泼泥蚤	AH
		<i>Alona</i> 尖额蚤属	HF, BH, AH
Chydoridae 盘肠蚤科	<i>Alona</i> 尖额蚤属	<i>A. guttata</i> Sars 点滴尖额蚤	HF, BH, AH
		<i>A. karua</i> King 隅齿尖额蚤	HF, BH, AH

冬季渐增的形式,特别是在3号点,最高值达30.4个/L;长额象鼻蚤及角突网纹蚤常见种类,密度变化起伏不是很大,没有出现季节性的消失。短尾秀体蚤仅在秋季检测到,平均密度为0.1167个/L;绿色近剑水蚤是年际优势种,其总体密度都在其它蚤的密度之上,夏季时,密度相对较低;右突新镖水蚤在夏季时密度相对其它3个季节较高,广布温剑水蚤出现只在某些点位,不同的季节,出现的点位不一样。剑水蚤幼体

的密度比所有的蚤的密度都要高,如表2。从表2看出,不同的季节,不同种群的动物密度动态变化是不一样的,这可能最主要的原因是,季节性的浮游植物群落的变化,主要表现在蓝藻在夏秋形成的蓝藻水华,使得某类群动物食物选择性变化过于单一,从而使得食物链上某个关键链出现断链,再次使得动物类群密度改变。而剑水蚤幼体总体上密度变化最大,这说明其幼体有很强的水库生活环境适应能力(表2)。

百花湖水库春节长刺溞及绿色近剑水蚤密度变化最大,角突网纹溞及短尾秀体溞没有检测到;夏季时,角突网纹溞及短尾秀体溞和右突新镖水蚤大量的出现,右突新镖水蚤的密度最高达11.9个/L;短尾秀体溞且在秋季出现,比红枫湖水库出现早一个季节。秋季时,长额象鼻溞及角突网纹溞的密度减少,而绿色近剑水蚤出现断链的情况。叶片剑水蚤夏季及秋季的密度都相对较高,剑水蚤幼体变化和红枫湖相似(表2)。

阿哈水库的长刺溞在春季及冬季出现,夏季及秋季未检测到,平均密度最高的季节是0.4个/L。而角突网纹溞则与长刺溞出现的季节相反,在夏季及秋季出现,季节密度最高的是2.47个/L;长额象鼻溞密度变化不大,是常年优势种;而哲水蚤类群在阿哈水库则是舌状叶镖水蚤,也是常年优势种,密度最高点可达4.9个/L;颈沟基合溞在秋季出现,密度最高点达1.6个/L。叶片剑水蚤也是常年优势种,密度最高点可达7.9个/L(表2)。

表2 红枫湖水库、阿哈、百花湖水库桡足类及枝角类常见种密度平均值动态(单位:个/L)
Tab.2 Seasonal regime of density means for the common species of copepoda
and cladocera in the HF, BH, AH lakes (ind/L)

动物种类	红枫湖水库				阿哈水库				百花湖水库			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
长刺溞	4.3	0	0	0.55	0.4	0	0	0.37	0.78	0	0	0.35
透明溞	13.4	0.003	0.2	1.02	1.4	0.06	0.31	0.57	0.4	0	0.88	0.4
长额象鼻溞	2.67	1	9.9	0.35	1.13	1.07	3.17	0.53	2.4	17.6	2.88	1.95
角突网纹溞	0.03	2.7	5.5	0.18	0	2.47	0.3	0	0	3.56	1.95	0
短尾秀体溞	0	0	0.33	0	0	0	0	0	0	5.52	0	0
右突新镖水蚤	0.03	1.17	1.9	0.65	0	0	0	0	0.03	5.92	3.05	0.25
绿色近剑水蚤	19.4	0.63	5.97	4.1	0	0	0	0	5.85	0.009	0	10.28
广布温剑水蚤	0.12	0	0.167	0	0	0	0	0	0	0	0	0
剑水蚤幼体	279.4	3.6	2.83	10.6	11.5	2.72	3.94	9.63	20.3	7.95	7.03	8.93
颈沟基合溞	0	0	0	0	0	0	0.76	0	0	0	0	0
蒙古温剑水蚤	0	0	0	0	0.73	0	0	1	0	0	0	0
叶片剑水蚤	0	0	0	0	2.63	0.91	5.09	1.73	0.43	9.62	20.1	0.55
舌状叶镖水蚤	0	0	0	0	1.2	1.1	3.23	0.37	0	0	0	0

注:0表示未检测到

2.3.3 红枫湖、阿哈、百花湖水库桡足类和枝角类多样性比较

从表3可以看出。阿哈水库桡足类和枝角类多样性相对较高一些,H值范围为1.32~1.62。而红枫湖水库在春季时,多样性为0.289,原因是剑水蚤幼体密

度过大,使得物种分布相对单一,从而使得物种多样性降低,均匀度最小值是0.116;其它均匀度波动不明显,范围为0.404~0.737。从种类来看,红枫湖和百花湖水库出现的种范围为10~12种,变化也不大;而阿哈水库为9~12种,季节变化差异明显。

表3 红枫湖、阿哈、百花湖水库桡足类和枝角类多样性季节动态
Tab.3 Seasonal regime of the diversity of copepoda and cladocera in the HF, BH, AH lakes

季节	红枫湖水库			阿哈水库			百花湖水库		
	种类数S	多样性H	均匀度J	种类数S	多样性H	均匀度J	种类数S	多样性H	均匀度J
春	12	0.289	0.116	9	1.32	0.60	12	1.00	0.404
夏	11	1.42	0.593	12	1.53	0.617	12	1.66	0.668
秋	10	1.58	0.684	9	1.62	0.737	11	1.30	0.543
冬	11	1.17	0.487	10	1.15	0.498	10	1.21	0.526

3 讨论

红枫湖水库、百花水库和阿哈水库是典型的喀斯特深水湖泊型水库。深水湖泊中的桡足类和枝角类由于厌光和逃捕^[16]等原因,其生态位变化主要表现为昼夜垂直迁移,即傍晚上升,拂晓下降。百花湖水库是红枫湖水库的下泄水,种类分布大体一致,哲水蚤常见种都是右突新镖水蚤;剑水蚤常见种主要是广布中剑水蚤、绿色近剑水蚤、蒙古温剑水蚤、叶片剑水蚤和短尾温剑水蚤。枝角类常见种是透明蚤、长额象鼻蚤、角突网纹蚤。而位于不同支流上的阿哈水库,哲水蚤常见种是舌状叶镖水蚤,剑水蚤是绿色近剑水蚤、叶片剑水蚤;枝角类是透明蚤、长额象鼻蚤。这表明同是喀斯特地区,但水系环境条件不同,水库的桡足类和枝角类的物种组成差别非常明显。它们从不同角度反映出了喀斯特深水水库桡足类和枝角类群落的分布特征。

红枫湖和百花湖水库物种春夏两个季节性变化相似度很高。枝角类的优势种是透明蚤、长刺蚤、长额象鼻蚤,角突网纹蚤、短尾秀体蚤;桡足类是绿色近剑水蚤、叶片剑水蚤、右突新镖水蚤、广布温剑水蚤、短尾温剑水蚤;红枫湖水库秋季枝角类的优势种是透明蚤、长额象鼻蚤、角突网纹蚤、短尾秀体蚤,冬季枝角类少一物种短尾秀体蚤,秋季的桡足类优势种是右突新镖水蚤、广布中剑水蚤、短尾温剑水蚤,冬季的广布中剑水蚤、短尾温剑水蚤物种变消失,而绿色近剑水蚤出现;百花湖水库秋季枝角类和红枫湖水库冬季的一样,冬季的种类则是红枫春季的种类。这表明,百花湖水库物种秋冬两个季节变化比红枫湖水库缓慢。图2~4的理化因子变化表明:红枫湖及百花湖水库的水体都偏碱性,水体水温季节差异性较小,但总磷及总氮的变化有明显的差异,春季百花湖水库总磷稍高于红枫水库,夏、秋、冬季节红枫湖水库的总磷高于百花湖水库,不过冬季百花湖水库与红枫湖水库的总磷差值较小,最低者只为0.002 mg/L,它一定程度上决定了百花湖水库冬季枝角类的种类与红枫春季的种类相近;春、秋、冬三季百花湖水库的总氮高于红枫湖,而红枫湖水库夏季的总氮高百花湖水库0.03 mg/L,且百花湖水库秋季与红枫湖水库冬季的总氮持平,这很可能是引起百花湖水库秋季枝角类和红枫湖水库的冬季一样的主要原因。阿哈水库的总氮春季最低为1.49 mg/L外,其它季节都>2.03mg/L,而且总氮远高于红枫湖、百花湖水库的总氮,这可能是限制红枫湖、百花湖水库与阿哈水库的桡足类哲水蚤目物种优

势种不同的主要因原之一:阿哈水库与红枫湖、百花湖水库的物种季节变化最大差异是阿哈水库四季哲水蚤的优势种都是舌状叶镖水蚤,其它两湖都是右突新镖水蚤。间接的反应同一地区不同支流的水库,物种和水质的污染程度及营养盐的关系不尽相同。

物种的多样性是表征群落结构特征重要指标,它包括物种的种数及均匀度两个方面^[5]。红枫湖水库在春季时,种类为12种,但幼体的密度过大,物种分配的空间不均,使得多样性和均匀度都达到最小,而阿哈水库的物种只有9种,但在种数分配上大体相同,使得多样性和均匀度都比红枫湖水库和百花湖水库高。春季的多样性是 $AH > BH > HF$;夏季和冬季是 $BH > AH > HF$;秋季是 $AH > HF > BH$ 。均匀度的变化和物种多样性一致。可以看出多样性和均匀度变化没有规律,每一个水库都有时高时低的情况。根据范凯等的研究结果,当 $H < 1$ 时表示水体严重污染; $H = 1 \sim 2$ 时表示重中污染, $H = 2 \sim 3$ 时表示轻中污染; $H > 3$ 时表示水体轻度污染^[9],从表3看出,红枫湖水库、阿哈水库、百花湖水库都为重中污染型水库。红枫湖水库、百花湖水库营养盐类(总磷和总氮)常年处于到富营养化状态^[11,12]。这给浮游植物生长提供营养盐,使得大量生长,增加了桡足类幼体的食料,使其大量的繁殖,以致幼体密度高达279.4个/L。此外,鱼类的捕食也是影响桡足类和枝角类群落大小的原因之一^[13]。通过对红枫湖周边的居民及渔政人员询问调查发现,近年来,主要是2008年到2009年,红枫湖水库和百花湖水库常年周期性发生水华,为此,在红枫湖水库和百花湖水库大量的放养鲢鱼、鳙鱼来抑制水华。由于鱼类的选择性捕食,将造成以大个体为主桡足类群落将变为以小个体为主的桡足类群落^[14],使得生态位不平衡,多样性减小。阿哈水库保护区范围内的点源污染分为工业企业和煤矿,总计约118家,其中工业企业有86家,煤矿有32家^[10]。煤矿中含有大量的铁、锰金属物质,该金属物质改变水体颜色,破坏生态环境,使得物种多样性减小。由于阿哈水库周边的工业、企业、煤矿规模小,运业时间短,与周边人口密集、工业污染较重的红枫湖、百花湖水库相比,水质受污染程度相对较轻。

参考文献

- [1] 张朝晖,陈家宽,艾伦·培特克斯. 英格兰喀斯特瀑布苔藓植物水生群落生态研究[J]. 水生生物学报, 2008, 32(1): 24-30.
- [2] 张维. 红枫湖、百花湖环境特征及富营养化[J]. 贵州, 贵州科技出版社, 1996.
- [3] 万国江, 王玉雨春, 尹澄清, 等. 红枫湖、百花湖沉积物全氮、可交换态氮和固定铵的赋存特征[J]. 湖泊科学, 2002, 14(4).

- [4] 刘从强,汪福顺,魏中青,等. 贵州阿哈湖沉积物—水界面微生物活动及其对微量元素再迁移富集的影响[J]. 科学通报, 2003, 48(19).
- [5] 高倩,徐兆礼,庄平. 长江口北港和北支浮游动物群落比较[J]. 应用生态学报, 2008, (19)9:2049—2055.
- [6] 朱晓君,陆健健. 长江口九段沙潮间带底栖动物的功能群[J]. 动物学研究, 2003, 24(5): 355—361.
- [7] 袁兴中,陆健健,刘红. 长江口九段沙的底栖动物及其生态学特征[J]. 动物学研究, 2001, 24(2): 133—139.
- [8] 周晓,王天厚,葛振鸣,等. 长江口九段沙湿地不同生境中大型底栖动物群落结构特征分析[J]. 生物多样性, 2006, 14(2): 165—171.
- [9] 范凯,李清雪. 渤海湾浮游动物群落结构及水质生物学评价[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6): 1697—1699.
- [10] 史莉,尹璐,李越越,等. 贵阳市阿哈水库饮用水源地现状及保护对策[J]. 贵州水力发电, 2008, 22(3): 20—23.
- [11] 吴沿友,李萍萍,王宝利,等. 红枫湖百花湖水水质及浮游植物的变化[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(4): 745—747.
- [12] 王俭,秦中,邓潇雅. 贵阳市“两湖”水环境研究进展[J]. 贵州大学学报, 2008, 25(6): 640—645.
- [13] 陈光荣,钟萍,张修峰,等. 惠州西湖浮游动物及其水质的关系[J]. 湖泊科学, 2008, 20(3): 351—356.
- [14] Belinda W T, Martin JR, Jonathan S S. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution[J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 46: 232—243.
- [15] Brooks JI, Dodson SI. Predation, body size, and composition of plankton[J]. Science, 1965, 150: 28—35.
- [16] 刘顺会,孙松,韩博平. 浮游动物昼夜垂直迁移机理的主要假说及其研究进展[J]. 生态科学, 2008, 27(6): 515—521.

Seasonal variation of copepoda and cladocera communities in subtropic karst reservoir — Case in the Hongfeng, the Baihua and the Aha lakes

CHEN Chuan¹, LONG Sheng-xing¹, REN Qi-fei¹, MA Jian-rong¹, WANG San¹,

LI Li¹, LI Qiu-hua²

(1. School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. Analysis and Testing Center, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: Copepoda and cladocera community is investigated for four times in the Hongfeng, the Baihua and the Aha lakes from 2008 to 2009. It is found that the copepod consists of 5 families, 11 genera, 19 species with one species is not identified and the cladocera consists of 5 families, 9 genera, and 14 species. Dominant species of copepoda are *T. prasinus* (Fischer), *C. uicinus lobosus* Kiefer and *T. breuifurcatus* Harada. Dominant species of cladocera are *D. longispina* (O. F. M.), *C. cornuta* Sars and *B. longirostris* (O. F. Müller) in all lakes. Total density of copepoda and cladocera is highest in spring, lower in autumn, lowest in summer in both the Hongfeng and the Aha lakes; the highest in summer, lower in autumn, lowest in winter in the Baihua lake. Seasonal biodiversity ordering ranks as AH>BH>HF in spring, BH>AH>HF in summer and winter, and AH>HF>BH in autumn. Seasonal weather change and pollution is important factor affecting copepoda and cladocera community change.

Key words: karst reservoir/lake; community; copepoda; cladocera; biodiversity